

Spot size converter, semiconductor laser module and optical fiber laser device

Patent Number: ☐ [EP1241510](#)
 Publication date: 2002-09-18
 Inventor(s): SUGIYAMA TOORU (JP)
 Applicant(s): TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO (JP)
 Requested Patent: ☐ [JP2002267861](#)
 Application Number: EP20020005766 20020313
 Priority Number(s): JP20010069784 20010313
 IPC Classification: G02B27/09; G02B6/42; G02B6/12
 EC Classification: [G02B27/09](#), [G02B6/42C3B](#)
 Equivalents: ☐ [US2002131471](#)
 Cited Documents: [US5696865](#); [US4807954](#); [US6139156](#); [US5902033](#); [US5332690](#)

Abstract

A spot size converter (101) comprising an incident area (107) of a first size, an exit area (108) of a second size different from the first size, and side walls defining a light guide, wherein at least a part of side wall inclines from the width direction axis and the thickness direction axis of the incident area is provided. Thereby, it is possible to regulate the divergence of the outgoing light, and to optically couple optical elements of different spot size with each other at a high efficiency. Moreover, the semiconductor laser module and optical fiber laser device using such a spot size

converter are provided. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-267861

(P2002-267861A)

(43) 公開日 平成14年9月18日 (2002.9.18)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 0 2 B 6/122		G 0 2 B 6/42	2 H 0 3 7
	6/42	6/12	A 2 H 0 4 7
H 0 1 S 3/094		H 0 1 S 3/094	S 5 F 0 7 2

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-69784(P2001-69784)

(22) 出願日 平成13年3月13日 (2001.3.13)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 杉山 徹

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100077849

弁理士 須山 佐一

Fターム(参考) 2H037 AA01 BA02 BA24 CA34

2H047 KA04 KA13 LA05 MA03 MA07

RA08 TA33 TA34

5F072 AB07 AK06 JJ02 KK30 MM08

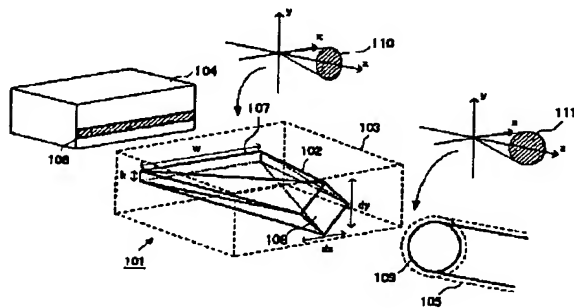
PP07

(54) 【発明の名称】 光導波路、光モジュール、光ファイバレーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 半導体レーザの出射領域幅が広い場合にも高効率で光ファイバに光結合することが可能な光導波路を提案する。

【解決手段】 出射領域幅が広い半導体レーザ104と光ファイバ105を光接続する場合、光導波路本体101の入射寸法を半導体レーザ104の出射寸法に、光導波路本体101の出射寸法を光ファイバ105の入射寸法にそれぞれ合わせるとともに、光導波路本体101の側面の一部を半導体レーザ104の出射領域の幅方向、高さ方向に対し斜めにする。これにより、光導波路本体101を用いて光のスポットサイズを半導体レーザ104から光ファイバ105のスポットサイズに変換するとともに、光導波路本体101から出射された光の広がり角を抑え、高効率で半導体レーザ104と光ファイバ105を光接続することが可能となる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光を発生させる光部品から出射された光のスポットサイズを変換するために、光が入射される部分の幅および高さをスポットサイズ変換前の寸法に、光が出射される部分の幅および高さをスポットサイズ変換後の寸法にそれぞれ合わせる光導波路において、前記光導波路の側面の少なくとも一部を、前記光が入射または出射する幅方向と高さ方向に対して垂直以外としてなることを特徴とする光導波路。

【請求項2】 所望のスポットサイズに光を変換するときの前記光部品から出射された光の広がり角が光の伝播方向の軸に対して非対称とした場合の光が入射される側の側面は、入射側幅方向と高さ方向に対して垂直とし、その垂直部分の寸法は、入射側幅方向で w_0 、高さ方向で h_0 、出射側幅方向で w_1 、高さ方向で h_1 、また前記光部品から出射される光の幅方向の広がり角を S_w 、高さ方向の広がり角を S_h としたとき、 $\sin(S_w) \cdot (w_0/w_1) = \sin(S_h) \cdot (h_0/h_1)$ の関係を満たすように垂直部分の光導波路寸法を設定したことを特徴とする請求項1記載の光導波路。

【請求項3】 所望のスポットサイズに光を変換するときの前記光部品から出射された光の広がり角が光の伝播方向の軸に対して非対称とした場合の光が出射される側の側面は、出射側幅方向と高さ方向に対して垂直とし、その垂直部分の光導波路寸法は、入射側幅方向で w_0 、高さ方向で h_0 、出射側幅方向で w_1 、高さ方向で h_1 、また出射される光の幅方向の広がり角を S_w 、高さ方向の広がり角を S_h としたとき、 $\sin(S_w) \cdot (w_0/w_1) = \sin(S_h) \cdot (h_0/h_1)$ の関係を満たすように垂直部分の光導波路寸法を設定したことを特徴とする請求項1記載の光導波路。

【請求項4】 光を発生させる光部品から出射された光のスポットサイズを、所望のスポットサイズに変換する光モジュールにおいて、前記光部品から出射された光の広がり角が光の伝播方向の軸に対し非対称な場合には、広がり角を対称にするための前記光部品を、請求項1記載の光導波路の入射部分に付加することを特徴とする光モジュール。

【請求項5】 光を発生させる光部品から出射された光のスポットサイズを、所望のスポットサイズに変換する光モジュールにおいて、前記光部品を半導体レーザとして該半導体レーザから出射された光を光ファイバに請求項1から3記載の光導波路を用いて光接続してなることを特徴とする光モジュール。

【請求項6】 光部品から出射された光のスポットサイズを、所望のスポットサイズに変換する光モジュールにおいて、前記光部品を半導体レーザとし、該半導体レーザの光のスポットサイズから光ファイバの光のスポットサイズ

2

に、請求項1から3記載の光導波路を用いて変換することを特徴とする光モジュール。

【請求項7】 光ファイバのコア内にレーザ活性物質を添加し、励起光をレーザ活性物質に吸収させレーザ発振を行う光ファイバレーザ装置において、前記励起光源として半導体レーザを使用し、該半導体レーザと前記光ファイバとの間を請求項1から3記載のいずれかの光導波路を用いて光接続したことを特徴とする光ファイバレーザ装置。

【請求項8】 光ファイバのコア内にレーザ活性物質を添加し、励起光をレーザ活性物質に吸収させレーザ発振を行う光ファイバレーザ装置において、前記励起光源として半導体レーザを使用し、該半導体レーザと前記光ファイバとの間を請求項4または5の光モジュールを用いて光接続したことを特徴とする光ファイバレーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は光部品間を光接続する光導波路の構造に関し、この光導波路を用いた光部品とを光接続するための光モジュールおよびこの光モジュールを利用した光ファイバレーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体レーザから出射された光を、高効率で光ファイバと光接続するために、光導波路本体を用いて半導体レーザのスポットサイズを光ファイバのスポットサイズに変換する方法がある。この従来の光導波路について図9～図11を用いて説明する。

【0003】図9において、901は半導体レーザを示し、この半導体レーザ901の幅 w 、高さ h の出射領域902からレーザ光を出射する。図10において、1001は光ファイバを示し、径 d の領域1002が光の受光領域である。半導体レーザ901の出射領域902と光ファイバ1001の受光領域1002は一致しないため、これらを直接光結合したのでは光の結合効率は低下する。そのため、図11に示す光導波路本体1101を介して半導体レーザ901と光ファイバ1001とを光結合する。

【0004】半導体レーザ901から出射された光は、全反射しながら伝播していくが、ここで光導波路本体1101の入射側1102の寸法を半導体レーザの出射領域902の寸法に合わせ、光導波路本体1101の出射側1103の寸法を光ファイバの受光領域1002の寸法に合わせておくことで、光導波路本体1101が半導体レーザ901から出射された光のスポットサイズを、光ファイバ1001のスポットサイズに変換する機能を有し、高効率で半導体レーザ901から出射された光を光ファイバ1001に入力することができる。

【0005】ただし、スポット形状が一致しただけでは光が結合されない。すなわち、光導波路本体1101か

3

ら出射される光の広がり角が光ファイバ1001の受光角以内である必要がある。光導波路本体1101から出射される光の広がり角は、半導体レーザ901から出射される光の広がり角と光導波路本体1101の形状によって決定される。

【0006】ここで図9に示すように、半導体レーザ901から出射される光の広がり角903を幅方向でSx_LD、高さ方向でSy_LD、光導波路本体入射面の幅をw、

$$\sin(Sx_WG) = \sin(Sx_LD)$$

$$\sin(Sy_WG) = \sin(Sy_LD)$$

一般に、半導体レーザの出射幅wは高さhに対して大きいため、光導波路本体から出射される光の広がり角1104は、高さ方向Sy_WGよりも幅方向Sx_WGが大きくなる。その結果、幅方向の光の広がり角Sx_WGが光ファイバの受光角S_FBを超えてしまい、超えてしまった光は光ファイバに結合することができない。半導体レーザは高出力になるほど出射領域の幅wは大きくなるため、この傾向はより顕著になり、半導体レーザと光ファイバの結合効率は低下する。

【0008】

【発明が解決しようとする手段】上記したように、従来のスポットサイズ変換型の光導波路を用いて半導体レーザから出射される光を光ファイバに光結合する場合、半導体レーザの出射領域幅が広いと結合効率が低下する。

【0009】この発明の目的は、半導体レーザの出射領域幅が広い場合にも高効率で光ファイバに光結合することが可能な光導波路およびこの光導波路と半導体レーザ等の光部品とを組み合わせた光モジュールおよびこの光モジュールを利用した光ファイバレーザ装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記した課題を解決するために、この発明では出射領域幅が広い光部品と光ファイバを光接続する光導波路にあって、コアと該コアの光の進行方向を残して周辺を囲んだクラッドとからなる光導波路のコアの入射寸法を前記光部品の出射領域の寸法に、前記光導波路のコアの出射寸法を前記光ファイバの入射寸法とにそれぞれ合わせるとともに、前記光導波路のコアの側面の一部を前記光部品の出射領域の幅方向、高さ方向に対して斜めに形成する。

【0011】この光導波路と光部品との組み合わせで光モジュールを構成し、この光モジュールと光ファイバレーザとを組み合わせで光ファイバレーザ装置を構成する。

【0012】これにより、光のスポットサイズが光部品から光ファイバのスポットサイズへ変換されるとともに、光が斜めの側面で反射された際に、広がり角の幅方向成分と高さ方向成分が変換されるため、光導波路のコアから出射された光の広がり角が特定の方向のみ大きくなるのを防ぐことができる。また、出射領域幅が広い光

4

*高さh、光導波路本体の出射面を幅dx、高さdyとすると、図11に示すように光導波路本体1101から出射される光の広がり角1104の幅方向Sx_WG、高さ方向Sy_WGは、光導波路本体の側面が半導体レーザの出射領域の幅方向と高さ方向に対し垂直な場合、近似的にそれぞれの軸を独立に扱うことができ、次式(1)の正弦条件を満たす。

【0007】

$$\sin(Sx_WG) = \sin(Sx_LD) \cdot (w/dx)$$

$$\sin(Sy_WG) = \sin(Sy_LD) \cdot (h/dy) \quad \dots (1)$$

部品から出射した光と高効率で光ファイバに光接続することが可能となる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0014】図1は、この発明の光導波路の第1の実施の形態について説明するための斜視図である。図1において、101は光導波路本体を示し、光導波路本体101はコア102とクラッド103より構成する。コア102の屈折率をクラッド103の屈折率よりも高くしておくことで、コア102に入射された光はコア102とクラッド103の境界付近で反射を繰り返しながらコア102内を伝播していく。104は半導体レーザ、105は光ファイバを示す。

【0015】この例では半導体レーザ104から出射された光を、光ファイバ105に結合するために光導波路本体101を利用する。光導波路本体101において107はコア102の入射面を示し、この入射面107の寸法は半導体レーザ出射領域106の幅wと高さhに合わせてある。108はコア102の出射面を示し、この出射面108の寸法は光ファイバ105の受光領域109の寸法dx、dyに合わせてある。

【0016】ここで、光導波路本体101の入射側幅方向をx軸とし、高さ方向をy軸とし、伝播方向をz軸とすると、コア側面を入射面107に接するとともにx軸y軸に垂直な4側面と、出射面に接するとともにx軸y軸と45度の角度をなす4側面から構成する。

【0017】図2を用いながらコア102内を光が伝播される様子について説明する。図2の201と203は、それぞれコア102の断面図を示す。

【0018】図2(a)に示すように、コア102の断面の側面がx軸y軸に対し垂直な場合、側面で反射しても光線202のx成分とy成分の値は、それぞれ符号が反転するのみである。

【0019】一方(b)に示すように、側面がx軸y軸と45度の角度をなしている場合、側面で反射すると光線204のx成分とy成分の値が入れ替わる。光導波路本体101の入射面の寸法w、hと出射面の寸法dx、dyを比較して、w>dxおよびh<dyの関係にあるとき、光導波路本体を伝播中の光の広がり角はx方向でよ

り大きくなり、y方向でより小さくなるように作用する。このため光導波路本体の側面がx軸y軸に垂直な場合、光導波路本体から出射する光の広がり角は伝播前に比べx方向に大きく、y方向に小さくなる。

【0020】しかし、図1のように側面が傾いている場合は、伝播中に広がり角のx成分とy成分の値が入れ替わるため、x方向の広がり角を大きくする作用とy成分の広がり角を小さくする作用が相殺される。このため光導波路本体101から出射される光の広がり角111は、x方向とy方向で均一の大きさを持ち、特定の方向のみ広がり角が大きくなるのを防ぐことができる。

【0021】図3(a)～(e)は、この発明の第1の実施の形態のコアの変形例を示すものであり、301、303、305、307、309はそれぞれの斜視図を示し、302、304、306、308、310はそれぞれA-A'断面図を示す。

【0022】すなわち、図1のコア102の側面は、光導波路本体101の入射幅と高さ方向に対して45度の傾きを持つものとしたが、45度の傾きをもっている必要はない。図3(a)～(e)に示すように、幅(x)方向と高さ(y)方向に対して側面が垂直以外なら良く、反射により光線の広がり角x成分とy成分の値が入れ替わる状態であれば良い。側面が45度の傾きでない場合、複数回反射することによってx成分とy成分の値が入れ替わることになる。

【0023】また、垂直以外の側面が一部含まれていれば良い。さらに、光導波路本体は屈折率の違うコアとクラッドから構成する他に、コア側面に相当する部分を光を反射するミラーで構成したものでもよく、コア側面に相当する部分で反射を繰り返しながら光を伝播していく構成の光導波路であれば、この発明を適用することが可能である。

【0024】図4は、この発明の第2の実施の形態について説明するための斜視図であり、この図は光導波路本体のコア部分だけを示したものである。図1の実施の形態では光導波路本体の入射幅wと高さhに対し、出射寸法dx、dyが、 $w > dx$ かつ $h < dy$ の場合について示したが、この実施の形態は、 $w > dx$ かつ $h = dy$ の場合に適用したものである。

【0025】まず、図4(a)を用い、入射面401aから出射面401bまでテーパ状に形成されたコア401の入射面401aの入射幅wと高さh方向に対し、垂直な形状であるものについて考える。この場合、コア401と図示しないクラッドを光が入射面401aから出射面401bまで伝播される光の広がり角403は、入射時の広がり角402に対し、幅方向のみ大きくなる。

【0026】これに対し、図4(b)のコア404は、入射面404aから出射面404bまでテーパ状に形成

*され、入射面404aの入射幅wと高さh方向に対し、傾斜面404cを有する。

【0027】コア404の光導波路本体を光が伝播する場合、傾斜面404cでの反射によってx成分とy成分の入れ替えが起こるため、幅方向で広がり角が大きくなる作用を高さ方向にも分散できる。そのため入射時の広がり角402に対し、光導波路本体を伝播された後の広がり角405は幅方向と高さ方向ともに大きくなるが、幅方向の広がり角は小さくすることができる。

【0028】なお、上記した第1と第2の実施の形態では、光導波路本体の入射寸法の幅と高さの違いが大きく、出射寸法の幅と高さの違いが小さい場合のスポットサイズ変換例について説明したが、この発明は光の伝播方向を逆にした場合でも適用可能である。

【0029】光導波路本体の入射寸法の幅と高さの違いが小さく、出射寸法の幅と高さの違いが大きい場合でも、光導波路本体の側面の一部を出射寸法の幅方向と高さ方向に対し垂直以外の傾きとすることで、光導波路本体伝播後の光の広がり角が特定の方向のみ大きくなるのを防ぐことができる。つまり光導波路本体の入射寸法と出射寸法を変えてスポットサイズを変換する機能を有する光導波路であればこの発明は適用可能である。

【0030】次に、この発明の第3の実施の形態について説明する。第1と第2の実施の形態の光導波路本体では側面での反射によって光の広がり角のx成分とy成分が入れ替わる。そのため導波路出射後の光の広がり角を小さくするためには、予め光導波路本体に入射される前に光の広がり角のx成分とy成分の値を等しくしておくのが好ましい。一般的に半導体レーザから出射する光の広がり角は幅方向よりも高さ方向のほうが大きい。そのため第3の実施の形態では、第1と第2の光導波路本体の入射側に光の広がり角を対称にする機能を付加する。

【0031】図5は、この発明の光導波路の第3の実施の形態について説明するための斜視図であり、ここではコア部分のみの斜視図を示す。図5においてB部分の構成部分は、第1および第2の実施の形態のコア部分と同様である。

【0032】ここで、コア501と図示しないクラッドから構成される光導波路本体に広がり角502の光が入射されると仮定する。広がり角502は幅方向よりも高さ方向で広がり角が大きい非対称な分布をもつ。そのためA部分を用いてB部分に入射される前に広がり角が光軸に対し対称になるように整形する。A部分の側面は幅と高さ方向に対し垂直であり、入射広がり角502をx方向 $Sx0$ 、y方向 $Sy0$ 、A部分の出射広がり角を $S1$ 、A部分の入力側の幅 $w0$ 、高さ $h0$ 、A部分の出力側の幅 $w1$ 、高さ $h1$ とすると、

$$\begin{aligned} \sin(S1) &= \sin(Sx0) \cdot (w0/w1) \\ &= \sin(Sy0) \cdot (h0/h1) \quad \dots (2) \end{aligned}$$

7

の関係を満たすとともに、A部分の出射広がり角 $S1$ が光導波路本体の受光角以内になるように、A部分の出力側の幅 $w1$ と $h1$ の値を決定する。なお、A部分とB部分と別体に形成しても一体形成しても差し支えない。

【0033】この実施の形態では光導波路本体を用いて、光の広がり角が光軸に対称になるように整形したが、図6はシリンドリカルレンズ601、602とこの発明の光導波路本体を用いた光モジュールの一実施の形態について説明するための斜視図である。図6はコア102とシリンドリカルレンズ601、602について示している。この実施の形態はシリンドリカルレンズ601、602を用いて光の広がり角を整形したものである。

【0034】また、出射時にx方向とy方向で違う広がり角を得たい場合には、この発明の光導波路の第3の実施の形態において光の伝播方向を逆にすれば所望の広がり角を得ることも可能である。

【0035】次に、図7を用いてこの発明の光モジュールの一実施の形態について説明する。この実施の形態は、この発明の光導波路を使用して、半導体レーザと光ファイバを光接続する光モジュールに関するものである。

【0036】図7において、701は基板、702は半導体レーザ、703は第1から第3の実施の形態で説明した光導波路本体、704は光ファイバを示す。

【0037】この発明の光導波路を用いることで、半導体レーザ702から出射された光のスポットサイズを光ファイバ704のスポットサイズに変換するとともに、スポットサイズ変換後の光の広がり角を小さくすることが可能となり、高効率で半導体レーザ702から光ファイバ704に光接続することが可能となる。

【0038】図8は、この発明の光ファイバレーザ装置の一実施の形態について説明するためのシステム図である。この実施の形態は、この発明の光導波路及び光モジュールを用いて光ファイバレーザを構成したものである。

【0039】図8において、801はコア800にレーザ活性物質が添加された光ファイバであり、端面に反射要素802、803が付加してある。ファイバレーザの動作について説明する。半導体レーザ702から出射された光は光導波路本体703を介して光ファイバ801のコアに入力する。半導体レーザ702から出射された光は励起光としてコア800内のレーザ活性物質に吸収され、誘導放出を行う。反射要素802と803は、誘導放出された光の一部を反射するように設定しておくことで、反射要素802と803間で共振器を形成しレーザ光となって803より出射する。高出力のレーザ光を得るためには、高出力の励起光を光ファイバに入力する必要がある。励起光となる半導体レーザ702の出力を高くするために半導体レーザ702の出射領域はより幅

8

広になるが、この発明の光導波路を用いることによって出射領域が幅広になっても高効率で光ファイバ801に光接続することが可能となる。

【0040】なお、この例では光ファイバがシングルクラッド構成のためコアに励起光を入力しているが、ダブルクラッドの光ファイバを用いる場合には、内側クラッドに励起光を入力すれば良い。

【0041】

【発明の効果】以上説明したようにこの発明では、光導波路本体を用いて光のスポットサイズが半導体レーザから光ファイバのスポットサイズに変換するとともに、光導波路本体から出射された光の広がり角を抑え、高効率で半導体レーザと光ファイバの光接続を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の光導波路の第1の実施の形態について説明するための斜視図。

【図2】図1の光の伝播について説明するための説明図。

【図3】この発明の第1の実施の形態の光導波路コアの変形例について説明するための説明図。

【図4】この発明の光導波路の第2の実施の形態について説明するための斜視図。

【図5】この発明の光導波路の第3の実施の形態について説明するための斜視図。

【図6】この発明の光導波路の第4の実施の形態について説明するための斜視図。

【図7】この発明の光モジュールの一実施の形態について説明するためのシステム図。

【図8】この発明の光ファイバレーザ装置の一実施の形態について説明するためのシステム図。

【図9】従来の半導体レーザの出射領域と広がり角について説明するための説明図。

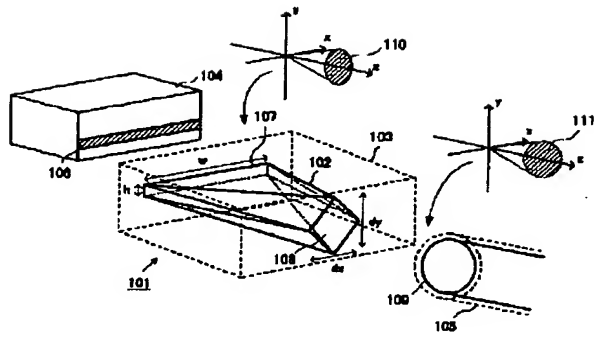
【図10】従来の光ファイバの入射領域と受光角について説明するための説明図。

【図11】従来の光導波路について説明するための斜視図。

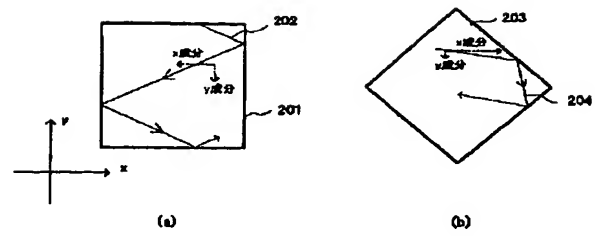
【符号の説明】

101、703…光導波路本体
102、404、501、800…コア
103…クラッド
104、702…半導体レーザ
105、704、801…光ファイバ
106…出射領域
107、404a…入射面
108、404b…出射面
404c…傾斜面
601、602…シリンドリカルレンズ
802、803…反射要素

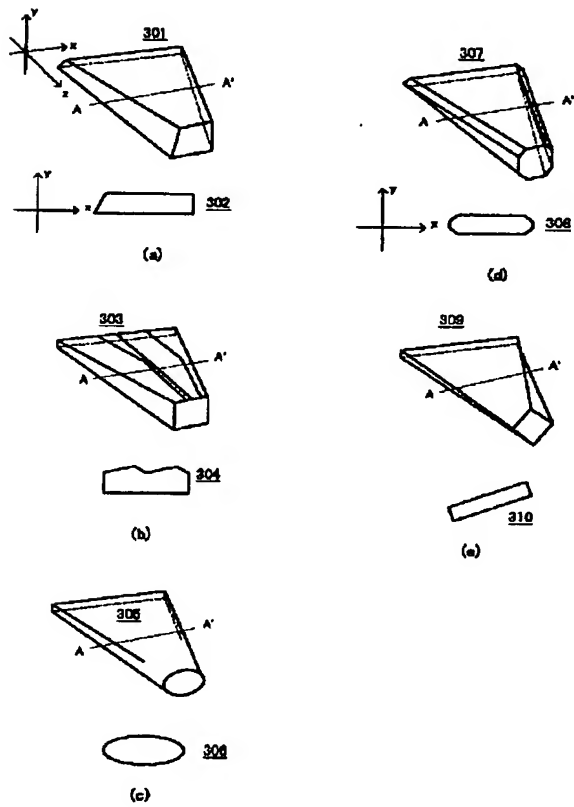
【図 1】



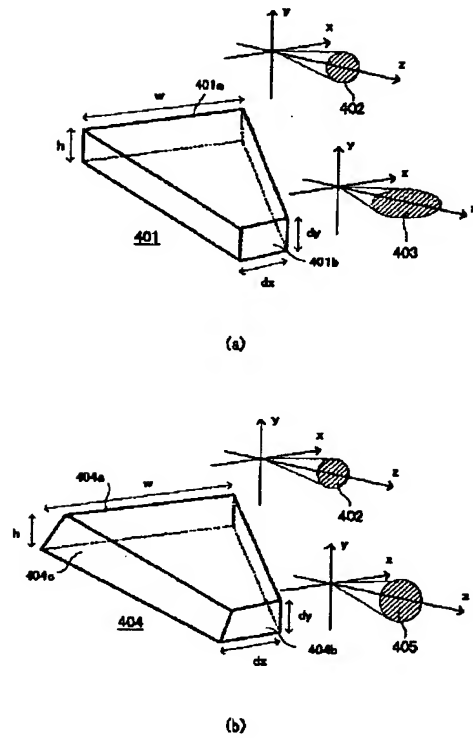
【図 2】



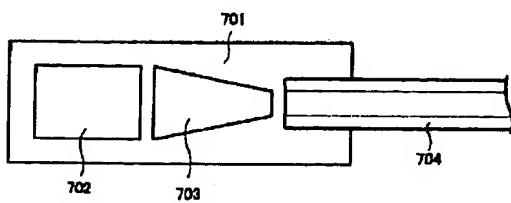
【図 3】



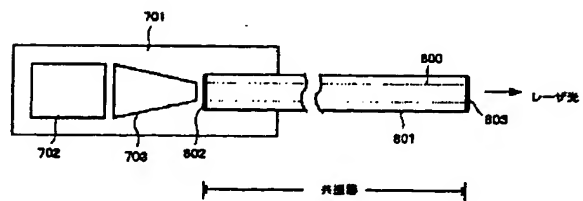
【図4】



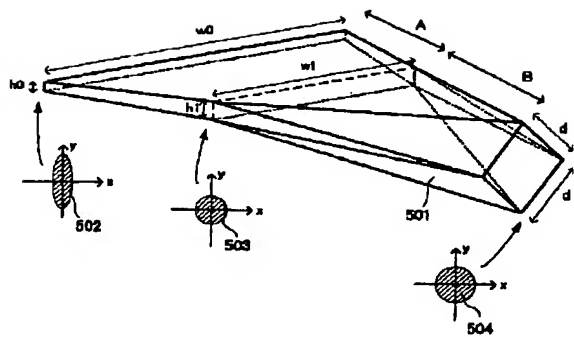
【図 7】



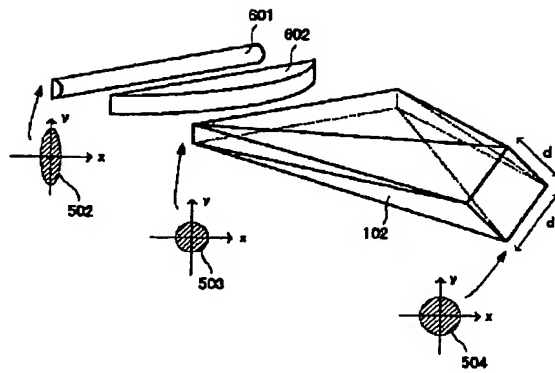
【図 8】



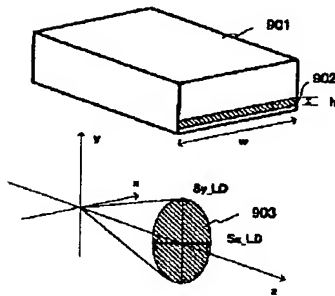
【図5】



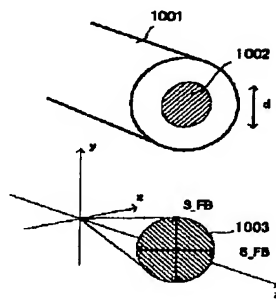
【図6】



【図9】



【図10】



【図11】

